

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-140943

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

H01B 12/14

(21)Application number : 2000-331714

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 31.10.2000

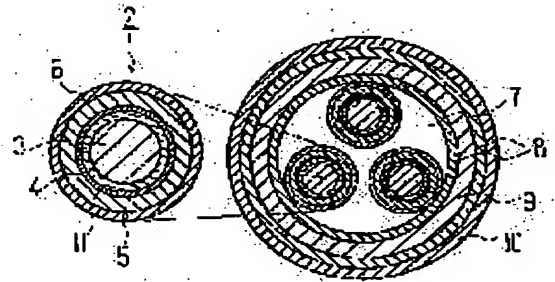
(72)Inventor : HIROSE MASAYUKI  
YUMURA HIROYASU  
ASHIBE YUICHI

## (54) SUPERCONDUCTIVE CABLE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a superconductive cable capable of preventing the degradation of performance in conjunction with the expansion of a superconductor by restraining the expansion caused by the rapid rise of temperature.

**SOLUTION:** This superconductive cable 1 is provided with cable cores 2 each having the superconductor 4 composed by winding a superconductive element wire, and a coolant passage 7 formed outside the cores 2. Each superconductor 4 is sealed by providing a coolant blocking layer 11 for blocking the intrusion of the coolant into the superconductive element wire around the superconductor 4.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-140943

(P 2 0 0 2 - 1 4 0 9 4 3 A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002. 5. 17)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>  
H01B 12/14

識別記号  
ZAA

F I  
H01B 12/14

ZAA

テーマコード (参考)  
5G321

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全5頁)

(21) 出願番号 特願2000-331714 (P 2000-331714)

(22) 出願日 平成12年10月31日 (2000. 10. 31)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 廣瀬 正幸

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 湯村 洋康

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100100147

弁理士 山野 宏 (外1名)

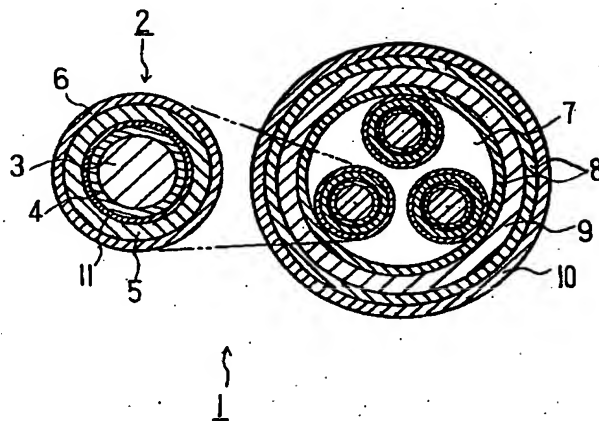
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導ケーブル

(57) 【要約】

【課題】 温度の急激な上昇に伴う超電導体の膨張を抑制し、膨張に伴う性能の低下を防止できる超電導ケーブルを提供する。

【解決手段】 超電導素線を巻き付けて構成される超電導体4を有するケーブルコア2と、このコア2の外側に構成される冷媒流通路7とを具える超電導ケーブル1において、超電導体4の外周に超電導素線への冷媒の浸入を遮る冷媒遮断層11を具え、超電導体4を密閉する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 超電導素線を巻き付けて構成される超電導導体を有するケーブルコアと、このコアの外側に構成される冷媒流通路とを具える超電導ケーブルにおいて、前記超電導導体の外周に超電導素線への冷媒の浸入を遮る冷媒遮断層を具えることを特徴とする超電導ケーブル。

【請求項2】 冷媒遮断層は、金属テープで構成されることを特徴とする請求項1記載の超電導ケーブル。

【請求項3】 冷媒遮断層は、金属を押出して構成されることを特徴とする請求項1記載の超電導ケーブル。

【請求項4】 冷媒遮断層は、金属箔にプラスチックフィルムをラミネートした金属ラミネートテープで構成されることを特徴とする請求項1記載の超電導ケーブル。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、急激な温度変化などによる超電導導体の膨張を抑制することができる超電導ケーブルに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に超電導ケーブルは、断熱管の内側に単芯或いは大容量を確保するために複数芯撚り合わせたケーブルコアが挿入され、同コアの外周に液体窒素などの冷媒が流通される構造である。図2は、3芯のケーブルコア21を撚り合わせた従来の超電導ケーブル20の断面図、及びケーブルコア21の断面の拡大図である。ケーブルコア21は、内側から順にフォーマ3・超電導導体4・電気絶縁層5・磁気遮蔽層6・保護層（図示せず）から構成され、撚り合されたケーブルコア21の外側は、二重の断熱管8・防食層10で覆われている。ケーブルコア21の外周面と内側の断熱管8の内周面とで囲まれる間隙は、冷媒流通路7であり、ここに冷媒が流通され、超電導導体4を冷却する。

【0003】超電導導体4は、テープ状や丸状にした超電導素線をフォーマ3の外周にスパイラル状に複数巻き付けた積層構造である。送電時、超電導ケーブル20の冷媒流通路7には冷媒が流通され、超電導導体4は、冷媒流通路7から保護層・磁気遮蔽層6・電気絶縁層5を経て浸入してきた冷媒に浸された状態である。ここで、超電導導体4を構成する各超電導素線には、製造の際、微小な孔が形成されることがある。そのため、この孔を通じて超電導素線の内部に存在する間隙に冷媒が浸入していることがある。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】事故や点検などで極低温から常温に移行する場合、超電導素線の内部に存在する間隙に冷媒が浸入した状態で超電導ケーブル20が昇温される。このとき、温度変化の速度が小さければ、冷媒は、超電導素線の外に放出されてから気化することができる。しかし、温度変化の速度が大きい（例えば、10～

100K/hourで昇温）と、超電導素線の内部に浸入した冷媒は、素線の外に放出される前に気化することがある。すると、超電導素線の内部の圧力が上昇して電気絶縁層5などの超電導導体4の外周と圧力差が生じ、素線が膨張することがある。このとき、臨界電流（ $I_c$ ）の減少など、超電導ケーブルの性能が低下する恐れがある。従って、従来の超電導ケーブルは、常温に移行する際の温度変化の速度が制限される。

【0005】常温への移行以外にも、短絡電流が超電導素線に流れると、大きな発熱量が瞬時に発生し、素線の温度が急激に上昇することがある。この温度上昇によっても、超電導素線の内部の圧力が上昇し、素線が膨張することがある。なお、超電導素線が許容できる発熱量は、一定の電流量に対して短絡電流の流れる時間に応じて異なるため、従来の超電導ケーブルは、短絡電流の流れる時間が制限される。

【0006】そこで、本発明は、急激な温度の上昇に伴う超電導素線の膨張、即ち超電導導体の膨張を抑制し、この膨張に伴う性能の低下を防止することができる超電導ケーブルを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、超電導素線を巻き付けて構成される超電導導体を有するケーブルコアと、このコアの外側に構成される冷媒流通路とを具える超電導ケーブルにおいて、超電導導体の外周に超電導素線への冷媒の浸入を遮る冷媒遮断層を具えることを特徴とする。

【0008】本発明は、超電導素線が以下のメカニズムによって膨張することを見出したことに基づくものである。

- (1) 超電導素線の内部に液体窒素などの冷媒が浸入する。
- (2) 温度変化によって超電導素線の内部に浸入した冷媒が気化する。
- (3) 冷媒の気化に伴って、超電導素線の内部の圧力が大きくなり、超電導素線の内外間に過大な圧力差が発生する。
- (4) 超電導素線の許容以上の圧力差が生じた場合、素線が膨張する。

即ち、本発明は、超電導導体が膨張する原因となる超電導素線の内部への冷媒の浸入を防ぐために冷媒遮断層を具える。

【0009】ここで、超電導ケーブルの超電導導体は、冷媒温度に冷却されていば、冷媒に浸っていないかよい。一方、電気絶縁層は、液体状の冷媒に浸って冷媒が気化しない状態において高絶縁耐力が得られる。従って、本発明は、電気絶縁層と超電導導体との間に冷媒遮断層を設け、冷媒遮断層の外周に位置する電気絶縁層のみが冷媒に浸り、冷媒遮断層の内周に位置する超電導導体は冷媒に浸らない構成が好ましい。

【0010】超電導導体に冷媒が侵入しない構成により本発明超電導ケーブルは、常温への移行の際や短絡電流の発生の際などで生じる急激な温度変化によって超電導素線、即ち超電導導体がほとんど膨張しない。従って、本願発明超電導ケーブルは、超電導導体の膨張に伴う性能の低下を防止することができる。

【0011】上記の効果を得るために冷媒遮断層は、超電導素線に冷媒が浸入しないように超電導導体を密閉状態にする必要がある。また、冷媒遮断層は、ケーブルとして必要な可撓性を有することが望ましい。従って、冷媒遮断層は、金属材料により構成されたものが好適である。金属材料は、例えば、機械特性から従来のOFケーブルやCVケーブルで実績のある鉛・アルミニウムなどが望ましい。これらの金属材料をテープ状にしたり、押出してパイプ状にすることで冷媒遮断層を形成するとよい。或いは、CVケーブルで使用されている金属箔にプラスチックフィルムをラミネートした金属ラミネートテープを用いてもよい。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明超電導ケーブル1の断面図、及びケーブルコア2の断面の拡大図である。本発明超電導ケーブル1は、図2に示す従来の超電導ケーブル20と基本的構成がほぼ等しいが、超電導導体4の外周に冷媒遮断層11を設けたことを特徴とする。

【0013】(全体構成)超電導ケーブル1は、図1に示すように断熱管8の内側に3芯撚り合わせたケーブルコア2が挿入され、コア2の外側は冷媒を流通させる冷媒流通路7である。ケーブルコア2は、内側から順にフォーマ3・超電導導体4・冷媒遮断層11・電気絶縁層5・磁気遮蔽層6・保護層(図示せず)から構成される。以下、各構成を示す。

【0014】(冷媒遮断層)冷媒遮断層11を形成するには、例えば、以下の方法がある。

(1)金属材料をテープ状にし、これを超電導導体4の最外層に縦添え又は巻回する。このとき、各テープは、半田付けや溶接により超電導導体4の外周に密着させ、密閉状態とする。金属材料には、例えば、銅・鉛・アルミニウム・ステンレスなどが適する。

(2)金属材料を超電導導体4の外周に押出す。金属材料には、上記(1)と同様のもの、例えば、鉛・アルミニウムなどが適する。

(3)金属箔にプラスチックフィルムをラミネートしテープ状にし、できた金属ラミネートテープを超電導導体4の最外層に縦添え又は巻回する。金属ラミネートテープには接着層を設けておき、この接着層を融着させることにより超電導導体4の外周に密着させ、密閉状態とする。金属材料には、上記(1)と同様のもの、プラスチック材料には、ポリテトラフルオロエチレンなどのフッ素系樹脂・ポリオレフィン系樹脂・繊維強化プラスチック

(FRP)などが適する。

【0015】(フォーマ)ケーブルコア2の最内部であるフォーマ3は、ケーブルの機械的特性を考慮して細い銅線などを撚り合わせたものや、予め円筒状に形成された銅などの金属管でもよい。前者は、上記に示したケーブルコア21の外周にのみ冷媒を流通させる場合に使用するとよい。後者は、金属管の内側にも冷媒を流通させる場合に使用するとよい。なお、細い銅線を用いる場合、渦電流損失を低減させるために絶縁被覆を施すことが好ましい。

【0016】(超電導導体・磁気遮蔽層)超電導導体4は、フォーマ3の外周上に超電導素線をスパイラル巻きして形成する。磁気遮蔽層6は、電気絶縁層5の外周上に超電導導体4を構成する超電導素線と同様のものをスパイラル巻きして形成する。これら超電導導体4・磁気遮蔽層6は、インピーダンスが各層において均一になるようにスパイラルピッチ・方向を調整し、各層の電流を均流化する。超電導素線は、パウダーインチューブ法などにより製造するとよい。この製造方法は、超電導材を注入した第1シースを伸線し、それを複数本集めて第2シースに挿入して再度伸線加工を施してから、圧延してテープ状又は丸状にする。通常は、この線材に1回目の焼結を行った後、もう一度圧延加工を施して、2回目の焼結を行い超電導素線を得る。超電導材には、例えば、イットリウム系、ビスマス系、タリウム系の酸化物などのセラミック材が好ましい。また、超電導材以外にもBi-2212相を主相とする前駆体(最終焼結後にBi-2223相が形成される)などの超電導材の原料でもよい。第1・第2シースは、銀または銀合金から形成されるものが好ましい。なお、本例において磁気遮蔽層6は、超電導導体4と同様の材料からなる超電導素線で形成したが、例えば、銅などで形成したものをを用いてもよい。また、磁気遮蔽層6は、必要に応じて適宜設ければよく、形成しなくてもよい。

【0017】(電気絶縁層)電気絶縁層5は、巻回した絶縁材料に冷媒を浸漬させる構造である。絶縁材料には、例えば、クラフト紙などの絶縁紙、ポリプロピレンフィルムの少なくとも片面にクラフト紙を接合したPPLP (Polypropylene Laminated Paper)などの半合成紙・ポリエチレンフィルムやポリプロピレンフィルムなどの合成紙がよい。冷媒は、液体ヘリウムや液体窒素などを用いる。

【0018】(断熱管)断熱管8は、コルゲート状の内管・外管による2重構造である。両管の間は、スーパーインシュレーションなどの断熱材が配置され真空状態に保持された断熱層9である。

(防食層)ポリ塩化ビニル(PVC)などを被覆する。

【0019】(実施例)以下の材料で超電導ケーブル1を製造した。表1に製造した超電導ケーブル1の各サイズを示す。

【0020】

【表1】

超電導ケーブルの構造	
フォーム外径	16mm
超電導導体外径	20mm
コア外径	40mm
断熱管内管内径	95mm
断熱管外管外径	129mm
ケーブル外径	136mm
3芯撚りピッチ	1000mm

## 【0021】 (ケーブルコア)

## 冷媒遮断層

鉛テープを超電導導体4に縦添えし、半田付けにより超電導導体4の外周に密着させた。

## フォーム

絶縁被覆を施した銅線を撚り合わせたものを用いた。

## 超電導導体・磁気遮蔽層

フォーム3の外周にテープ状の超電導素線を4層スパイラル巻きして超電導導体4を形成し、電気絶縁層5の外周に同一の素線を2層スパイラル巻きして磁気遮蔽層6を形成した。

## 電気絶縁層

超電導導体4の外周にPPLPを巻回して形成した。厚みは、約7mmとした。電気絶縁層5の最大ストレスは、0.2MPa(絶対圧力)でコロナ開始電界となる24kV/mmを採用した。最大ストレス値は、66kV級のOFケーブルのAC耐圧試験値(130kV)において、モデルケーブルなどの試験結果から適用した。冷媒には、液体窒素を用いた。

## 保護層

磁気遮蔽層6の外周にクラフト紙を巻回して形成した。

(超電導ケーブル) 上記構成のケーブルコア2を3芯撚り合わせた。本例において、熱収縮対策のために弛ませて撚り合わせている。この3芯ケーブルコア2をステンレス製の断熱管8に挿入し、その外周をPVCで被覆した。断熱管8は、二重構造で、両管の間にスーパーインシュレーションを配置した。防食層10の厚みは、66kV級

のOFケーブルの防食層と同等の3.5mmである。

【0022】この超電導ケーブル1は、冷却流通路7から磁気遮蔽層6を経て電気絶縁層5に冷媒が浸入しても、電力絶縁層5と超電導導体4との間に超電導導体4を密閉するように冷媒遮断層11が存在するため、冷媒が超電導素線に浸入しなかった。従って、本発明超電導ケーブルは、急激な温度上昇によっても超電導導体4がほとんど膨張しないことが望まれる。

## 【0023】

10 【発明の効果】以上説明したように、本発明超電導ケーブルは、超電導導体の外周に超電導導体を密閉する冷媒遮断層を具えることで超電導素線への冷媒の浸入を阻止ことができる。このため、本発明超電導ケーブルは、急激な温度上昇に伴う超電導素線、即ち超電導導体の膨張を抑制することができるという優れた効果を奏する。また、急激な温度変化に伴う超電導導体の膨張を抑制することで、本発明超電導ケーブルは、従来と比較して常温への昇温時間を短縮したり、短絡電流の許容範囲を増加することができる。

20 【0024】更に、本発明超電導ケーブルにおいて冷媒遮断層を金属で構成することにより、超電導導体を密閉状態にできる。加えて、本発明超電導ケーブルは、既存の電力ケーブル製造技術によって製造が可能であるため、汎用性が高い。

## 【図面の簡単な説明】

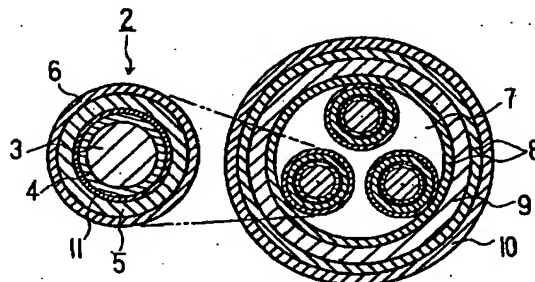
【図1】超電導導体の外周に冷媒遮断層を具える本発明超電導ケーブルの断面図、及びケーブルコアの断面の拡大図である。

【図2】従来の超電導ケーブルの断面図、及びケーブルコアの断面の拡大図である。

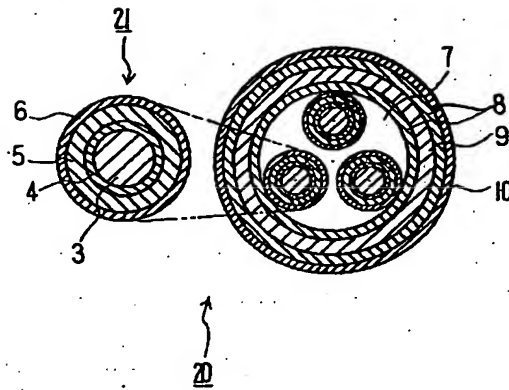
## 【符号の説明】

1・20 超電導ケーブル 2・21 ケーブルコア 3 フォーム  
4 超電導導体 5 電気絶縁層 6 磁気遮蔽層 7 冷媒流通路  
8 断熱管 9 断熱層 10 防食層 11 冷媒遮断層

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 芦辺 祐一  
大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電  
気工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 5G321 AA01 BA01 CA48 CA50 CB02  
CB08

